

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
18 août 2005 (18.08.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2005/076508 A1**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : H04J 14/02

F-22290 Gommec'h (FR). GROT, Didier [FR/FR]; 60, route du golf, F-22560 Pleumeur-Bodou (FR). LURON, Albert [FR/FR]; Garic, F-22300 Rospez (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2004/000009

(22) Date de dépôt international : 6 janvier 2004 (06.01.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) :  
FRANCE TELECOM [FR/FR]; 6, place d'Alleray,  
F-75015 Paris (FR).

(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(72) Inventeurs; et

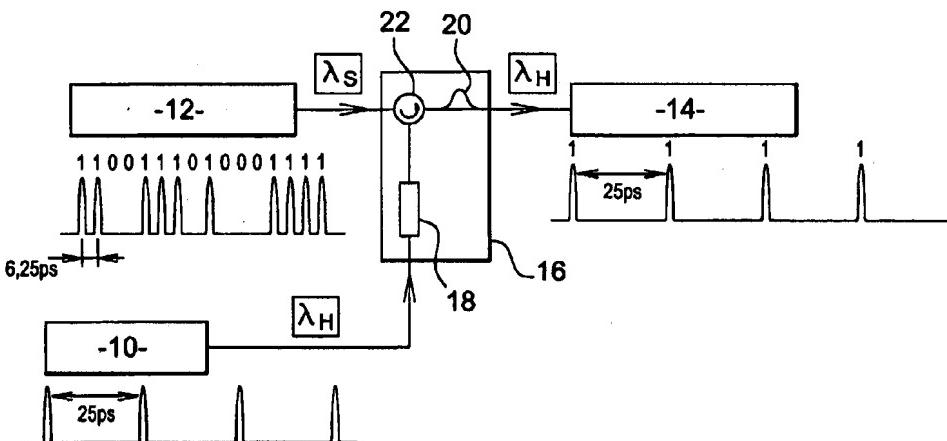
(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : CO-  
QUILLE, René [FR/FR]; 6, rue de Crec'h Huet, F-22300  
Lannion (FR). PINCEMIN, Erwan [FR/FR]; Kernevez,

*[Suite sur la page suivante]*

(54) Title: DEVICE FOR TEMPORAL SUBSAMPLING OF AN OTDM OPTICAL SIGNAL, OTDM-WDM CONVERTER COMPRISING SAME AND OTDM-WDM CONVERTER

(54) Titre : DISPOSITIF DE SOUS-ECHANTILLONNAGE TEMPOREL D'UN SIGNAL OPTIQUE DE TYPE OTDM, CONvertisseur OTDM-WDM COMPORtant UN TEL DISPOSITIF ET CONvertisseur WDM-OTDM



(57) Abstract: The invention concerns a device for temporal subsampling of an OTDM optical signal at a predetermined subsampling frequency, comprising a generator (10) of clock pulses emitted at the predetermined subsampling frequency and at a conversion wavelength ( $\lambda_4$ ) and to a wavelength converting device (16) receiving in input the OTDM optical signal and the clock pulses to deliver in output a subsampled OTDM optical signal at the conversion wavelength. The conversion device comprises a linear optical amplifier (18) arranged so as to receive the OTDM optical signal and the clock pulses in the opposite propagating direction, the maximum linear power of the conversion being set so as to be lower than the peak power of the OTDM optical signal, and to a converter (20) of phase modulation into amplitude modulation.

*[Suite sur la page suivante]*

WO 2005/076508 A1



HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

**Publiée :**

— *avec rapport de recherche internationale*

---

**(57) Abrégé :** La présente invention concerne notamment un dispositif de sous-échantillonnage temporel d'un signal optique de type OTDM à une fréquence de sous-échantillonnage pré-déterminée, comportant d'une part un générateur (10) d'impulsions d'horloge émises à la fréquence de sous-échantillonnage pré-déterminée et à une longueur d'onde de conversion (X), et, d'autre part, un dispositif (16) de conversion de longueur d'onde recevant en entrée le signal optique de type OTDM et les impulsions d'horloge, pour fournir en sortie un signal sous-échantilloné du signal optique à la longueur d'onde de conversion. Le dispositif de conversion comporte un amplificateur optique linéaire (18) dispose de manière à recevoir le signal optique de type OTDM et les impulsions d'horloge en sens inverse de propagation, la puissance linéaire maximale de l'amplificateur étant réglée de manière à pouvoir être inférieure à la puissance de crête du signal optique de type OTDM, et un convertisseur (20) de modulation de phase en modulation d'amplitude.

-1-

Dispositif de sous-échantillonnage temporel d'un signal optique de type OTDM, convertisseur OTDM-WDM comportant un tel dispositif et convertisseur WDM-OTDM

La présente invention concerne un dispositif de sous-échantillonnage temporel d'un signal optique de type OTDM, un convertisseur de signal OTDM-WDM comportant un tel dispositif et un convertisseur WDM-OTDM

Un signal de type OTDM (de l'Anglais « Optical Time-Division Multiplexed ») 5 s'entend d'un signal optique résultant d'un multiplexage temporel de signaux optiques d'origine.

Un signal de type WDM (de l'Anglais « Wavelength-Division Multiplexed ») s'entend d'un signal optique résultant d'un multiplexage en longueur d'onde de signaux optiques d'origine.

10 Plus précisément, l'invention concerne un dispositif de sous-échantillonnage temporel d'un signal optique de type OTDM à une fréquence de sous-échantillonnage pré-déterminée, du type comportant :

- un générateur d'impulsions d'horloge émises à la fréquence de sous-échantillonnage pré-déterminée et à une longueur d'onde de conversion ; et
- 15 - un dispositif de conversion de longueur d'onde recevant en entrée le signal optique de type OTDM et les impulsions d'horloge pour fournir en sortie un signal sous-échantilloné du signal optique à la longueur d'onde de conversion.

Un tel dispositif de sous-échantillonnage est décrit dans le document intitulé 20 "Simultaneous All-Optical Demultiplexing of a 40-Gb/s Signal to 4 x 10 Gb/s WDM Channels Using an Ultrafast Fiber Wavelength Converter", de L. Rau et al., publié dans IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, volume 14, n°12, de Décembre 2002. Ce document décrit un dispositif de sous-échantillonnage temporel comportant un dispositif de conversion de longueur d'onde constitué d'un modulateur de phases croisées associé 25 à un filtre WDM, tel qu'un routeur de guide d'onde en réseau (de l'anglais « arrayed wave-guide router »). Ce dispositif de sous-échantillonnage temporel est en général difficile à mettre en œuvre et peu robuste face aux perturbations environnementales, telles que modifications de température, vibrations, etc.

L'invention concerne également un convertisseur d'un signal optique de type WDM 30 en un signal optique de type OTDM, le signal optique de type WDM étant constitué de plusieurs signaux optiques multiplexés, chacun étant transmis à une longueur d'onde qui lui est propre, le convertisseur comportant un générateur de signal continu émis à une

-2-

longueur d'onde de conversion prédéterminée et au moins un dispositif de conversion de longueur d'onde recevant en entrée le signal continu et les signaux optiques multiplexés en longueur d'onde, pour fournir en sortie un signal optique de type OTDM émis à une fréquence temporelle multiple de la fréquence commune des signaux optiques multiplexés

5 en longueur d'onde.

Un tel convertisseur est décrit dans le document intitulé "WDM to OTDM Multiplexing Using an Ultrafast All-Optical Wavelength Converter", de B-E. Olsson et al., publié dans IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, volume 13, n°9, de Septembre 2001. Ce document décrit un convertisseur WDM-OTDM comportant un 10 dispositif de conversion de longueur d'onde constitué d'un modulateur de phases croisées associé à un filtre, tel qu'une fibre de Bragg. Ce convertisseur est également difficile à mettre en œuvre et peu robuste face aux perturbations environnementales, telles que modifications de température, vibrations, etc.

Le dispositif de sous-échantillonnage temporel et le convertisseur précités ne sont 15 en outre pas adaptés pour des signaux de type OTDM transmis à des fréquences de l'ordre de 160 GHz ou plus.

L'invention vise à remédier à ces inconvénients en fournissant un dispositif de sous-échantillonnage temporel, un convertisseur OTDM-WDM et un convertisseur WDM-OTDM simples et fiables, capables de fonctionner pour des signaux OTDM de 160 GHz ou plus.

20 L'invention a donc pour objet un dispositif de sous-échantillonnage temporel d'un signal optique de type OTDM à une fréquence de sous-échantillonnage prédéterminée, du type précité, caractérisé en ce que le dispositif de conversion comporte un amplificateur optique linéaire disposé de manière à recevoir le signal optique de type OTDM et les impulsions d'horloge en sens inverse de propagation, la puissance linéaire 25 maximale de l'amplificateur étant réglée de manière à pouvoir être inférieure à la puissance de crête du signal optique de type OTDM, et un convertisseur de modulation de phase en modulation d'amplitude.

Un dispositif de sous-échantillonnage temporel selon l'invention peut en outre comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- 30 - le convertisseur de modulation de phase en modulation d'amplitude comporte un interféromètre de Mach-Zehnder différentiel retardé ;  
- le dispositif comporte un circulateur disposé entre l'amplificateur et le convertisseur de modulation, de telle sorte qu'il dirige le signal optique OTDM vers l'amplificateur et le signal sortant de l'amplificateur vers le convertisseur de modulation.
- 35

-3-

- L'invention a également pour objet un convertisseur d'un signal optique de type OTDM en un signal optique de type WDM, caractérisé en ce qu'il comporte une pluralité de dispositifs de sous-échantillonnage temporel tels que décrits précédemment montés en parallèle, chaque dispositif de sous-échantillonnage temporel comportant un générateur d'impulsions d'horloge émises à une fréquence de sous-échantillonnage pré-déterminée et à une longueur d'onde de conversion propre au dispositif de sous-échantillonnage, et un dispositif de conversion de longueur d'onde recevant en entrée le signal optique de type OTDM et les impulsions d'horloge à la longueur d'onde de conversion propre au dispositif de sous-échantillonnage.
- Enfin, l'invention a également pour objet un convertisseur d'un signal optique de type WDM en un signal optique de type OTDM, du type précédent, caractérisé en ce que le dispositif de conversion comporte d'une part un amplificateur optique linéaire disposé de manière à recevoir le signal optique continu et les signaux optiques multiplexés en longueur d'onde en sens inverse de propagation, la puissance linéaire maximale de l'amplificateur étant réglée de manière à pouvoir être inférieure à la puissance de crête des signaux optiques multiplexés en longueur d'onde, et d'autre part un convertisseur de modulation de phase en modulation d'amplitude.

Un convertisseur WDM-OTDM selon l'invention peut en outre comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- Il comporte des moyens de décalage temporel des signaux optiques multiplexés en longueur d'onde les uns par rapport aux autres, et un unique dispositif de conversion recevant en entrée les signaux optiques multiplexés en longueur d'onde décalés temporellement ;
- Il comporte plusieurs dispositifs de conversion disposés en parallèle, chaque dispositif de conversion recevant en entrée l'un des signaux optiques multiplexés en longueur d'onde et étant associé à un dispositif de décalage temporel spécifique ;
- le convertisseur de modulation de phase en modulation d'amplitude comporte un interféromètre de Mach-Zehnder différentiel retardé ;
- il comporte au moins un circulateur disposé entre chaque amplificateur et chaque convertisseur de modulation, de telle sorte qu'il dirige les signaux optiques multiplexés en longueur d'onde vers l'amplificateur et le signal sortant de l'amplificateur vers le convertisseur de signal modulé.

Le couplage d'un amplificateur optique linéaire avec un convertisseur de modulation de phase en modulation d'amplitude, par exemple un interféromètre de Mach-Zehnder différentiel retardé, permet de réaliser une conversion de longueur d'onde en utilisant le

-4-

principe de Kramers-Krönig. Selon ce principe, une modification de la densité des porteurs de charge dans l'amplificateur optique linéaire, qui a lieu lorsque cet amplificateur fonctionne dans sa partie non linéaire, entraîne un changement de l'indice de réfraction du milieu propagatif. Ainsi, lorsque la puissance de crête du signal à convertir est supérieure à la puissance linéaire maximale de l'amplificateur, c'est à dire lorsque le signal à convertir porte l'information binaire "1", le signal de conversion qui se propage en sens inverse dans l'amplificateur est déphasé. En revanche, lorsque la puissance de crête du signal à convertir est inférieure à la puissance linéaire maximale de l'amplificateur, c'est à dire lorsque le signal à convertir porte l'information binaire "0", le signal de conversion qui se propage en sens inverse dans l'amplificateur n'est pas déphasé. Le signal de conversion porte alors, en modulation de phase, l'information portée par le signal à convertir. Il traverse ensuite le convertisseur de modulation, pour porter l'information en modulation d'amplitude, comme le signal à convertir.

On a réalisé de la sorte une conversion de longueur d'onde simple qui permet de concevoir un dispositif de sous-échantillonnage optique, un convertisseur OTDM-WDM, et un convertisseur WDM-OTDM, entièrement optiques, simples et fonctionnant avec des signaux OTDM transitant à une fréquence au moins égale à 160 GHz.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- 20            - la figure 1 représente schématiquement la structure d'un dispositif de sous-échantillonnage selon l'invention ;  
              - la figure 2 représente schématiquement la structure d'un convertisseur OTDM-WDM selon l'invention ;  
              - la figure 3 représente schématiquement la structure d'un convertisseur  
25            WDM-OTDM selon un premier mode de réalisation de l'invention ; et  
              - la figure 4 représente schématiquement la structure d'un convertisseur WDM-OTDM selon un second mode de réalisation de l'invention.

Le dispositif de sous-échantillonnage temporel représenté sur la figure 1 comporte un générateur 10 d'impulsions d'horloge émises à une fréquence de sous-échantillonnage 30 prédéterminée, par exemple 40 Gb/s. De la sorte, les impulsions d'horloge émises sont espacées les unes des autres de 25 picosecondes. La longueur d'onde de ce train d'impulsions, appelée longueur d'onde de conversion, est également prédéterminée et prend par exemple une valeur  $\lambda_H = 1\ 544,5\text{ nm}$ .

Le dispositif comporte en outre un récepteur 12 de signal optique de type OTDM, 35 c'est-à-dire résultant d'un multiplexage temporel de signaux optiques. Par exemple, ce

signal optique est transmis à une fréquence de 160 GHz, c'est-à-dire que les impulsions sont espacées les unes des autres de 6,25 picosecondes.

Ce signal optique est par exemple transmis à une longueur d'onde  $\lambda_s = 1555,5$  nm.

Ce signal optique de type OTDM est destiné à être sous-échantillonné et converti à 5 la longueur d'onde de conversion du train d'impulsions émis par le générateur 10, pour fournir, en sortie du dispositif de sous-échantillonnage temporel, l'un des signaux multiplexés dans le signal optique OTDM. Pour cela, le dispositif de sous-échantillonnage comporte une interface de connexion 14 fournissant ce signal de sortie.

Enfin, le dispositif de sous-échantillonnage comporte un dispositif 16 de conversion 10 de longueur d'onde recevant en entrée le signal optique de type OTDM et les impulsions d'horloge fournies par le générateur 10.

Le dispositif de conversion comporte un amplificateur optique linéaire 18 disposé de manière à recevoir le signal optique de type OTDM et les impulsions d'horloge en sens inverse de propagation.

15 A cet effet, une première borne de l'amplificateur optique linéaire 18 est directement raccordée à la sortie du générateur 10 d'impulsions d'horloge, alors qu'une seconde borne de cet amplificateur optique linéaire est raccordé à un circulateur 22 disposé entre le récepteur 12 et l'amplificateur 18, de manière à diriger le signal optique de type OTDM vers cette seconde borne.

20 La puissance linéaire maximale de l'amplificateur optique linéaire 18 est réglée de manière à pouvoir être inférieure à la puissance de crête du signal optique de type OTDM.

Enfin, le dispositif de conversion de longueur d'onde 16 comporte un convertisseur 20 de modulation de phase en modulation d'amplitude. De préférence, le convertisseur de modulation de phase en modulation d'amplitude est un interféromètre de Mach-Zehnder 25 différentiel retardé.

Le circulateur 22 est disposé entre l'amplificateur optique linéaire 18 et ce convertisseur de modulation, de manière à diriger les signaux sortant de la seconde borne de l'amplificateur optique linéaire vers ce convertisseur de modulation.

Le dispositif décrit précédemment fonctionne de la façon suivante :

- 30 - lorsque la puissance de crête du signal optique de type OTDM est supérieure à la puissance linéaire maximale de l'amplificateur 18, c'est-à-dire lorsque le signal de type OTDM porte l'information binaire « 1 », et lorsque cette information binaire correspond à une impulsion d'horloge qui se propage en sens inverse dans l'amplificateur, celle-ci est déphasée (de préférence d'une valeur  $\pi$ ) ;
- 35

-6-

- lorsque la puissance de crête du signal de type OTDM est inférieure à la puissance linéaire maximale de l'amplificateur 18, c'est-à-dire lorsque le signal de type OTDM porte l'information binaire « 0 », et lorsque cette information binaire correspond à une impulsion qui se propage en sens inverse dans l'amplificateur 18, celle-ci n'est pas déphasée ;  
5
- le train d'impulsions traverse ensuite l'interféromètre de Mach-Zehnder différentiel retardé pour convertir la modulation de phase en modulation d'amplitude du signal sortant du dispositif de sous-échantillonnage temporel.

10 Le signal temporel obtenu en sortie est un signal sous-échantillonné au quart de la fréquence temporelle du signal de type OTDM, moyennant une conversion de longueur d'onde, de  $\lambda_s$  à  $\lambda_H$ .

Le dispositif de sous-échantillonnage temporel décrit précédemment peut être utilisé pour réaliser un convertisseur OTDM-WDM, comme cela est représenté sur le montage  
15 de la figure 2.

Sur ce montage, plusieurs dispositifs de conversion de longueur d'onde 16<sub>1</sub>, 16<sub>2</sub>, 16<sub>3</sub>, 16<sub>4</sub> identiques au dispositif 16 sont disposés en parallèle et sont tous reliés au récepteur 12.

Chaque dispositif de conversion 16<sub>i</sub> reçoit en outre sur la première borne de son  
20 amplificateur optique linéaire 18<sub>i</sub>, le signal fourni par un générateur 10<sub>i</sub> d'impulsions d'horloge émises à une fréquence égale au quart de la fréquence du signal optique de type OTDM fourni par le récepteur 12. Chaque générateur d'impulsions d'horloge 10<sub>i</sub> est décalé d'un temps-bit correspondant à la fréquence du signal optique OTDM, par rapport au générateur d'impulsions d'horloge 10<sub>i-1</sub>.

25 On obtient ainsi en sortie, sur quatre interfaces de connexion 14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>, 14<sub>3</sub> et 14<sub>4</sub>, quatre signaux représentant un sous-échantillonnage du signal optique de type OTDM au quart de sa fréquence. C'est-à-dire que si le signal de type OTDM résulte du multiplexage de quatre signaux temporels d'origine, ce montage permet d'obtenir en sortie les quatre signaux.

30 Chaque générateur d'impulsion d'horloge 10<sub>i</sub> génère des signaux à une longueur d'ondes qui lui est propre égale à  $\lambda_{H_i}$ .

Par exemple,  $\lambda_{H_1} = 1544,5$  nm,  $\lambda_{H_2} = 1\ 546,3$  nm,  $\lambda_{H_3} = 1\ 548,1$  nm,  $\lambda_{H_4} = 1\ 549,9$  nm. Les quatre signaux sous-échantillonnes obtenus peuvent alors être recombinés pour obtenir un signal multiplexé de type WDM.

35 On a ainsi réalisé un convertisseur d'un signal optique de type OTDM en un signal optique de type WDM.

-7-

En utilisant le même principe, on peut réaliser un convertisseur WDM-OTDM, comme cela est représenté sur le montage de la figure 3, selon un premier mode de réalisation de l'invention.

Comme les montages précédents, le montage représenté sur cette figure comporte 5 un dispositif 16 de conversion de longueur d'onde comportant un amplificateur optique linéaire 18, un circulateur 22 et un interféromètre de Mach-Zehnder différentiel retardé 20.

Dans ce montage, la première borne de l'amplificateur optique linéaire 18 est raccordée à un générateur 34 de signal continu émis à une longueur d'onde de conversion prédéterminée, par exemple  $\lambda_s = 1\,555,5\text{ nm}$ .

10 Le circulateur 22, disposé entre l'amplificateur optique linéaire 18 et l'interféromètre de Mach-Zehnder différentiel retardé 20 est également relié à des moyens de fourniture d'un signal optique de type WDM, c'est-à-dire un signal optique constitué de plusieurs signaux optiques multiplexés en longueur d'onde, chacun étant transmis à une longueur d'onde qui lui est propre.

15 Les moyens de fournitures sont constitués de moyens 30<sub>1</sub>, 30<sub>2</sub>, 30<sub>3</sub> et 30<sub>4</sub> de réception des signaux optiques multiplexés montés en parallèle, et chacun associé à un retardateur 32<sub>1</sub>, 32<sub>2</sub>, 32<sub>3</sub> et 32<sub>4</sub>.

Ces retardateurs permettent de décaler temporellement les signaux optiques multiplexés issus des moyens 30<sub>1</sub>, 30<sub>2</sub>, 30<sub>3</sub> et 30<sub>4</sub>, d'un temps-bit équivalent à la 20 fréquence multiple souhaitée en sortie du signal optique de type OTDM. Dans le cas représenté, cette fréquence est égale à quatre fois la fréquence temporelle des signaux optiques multiplexés d'origine, puisque le signal WDM est constitué de quatre signaux d'origine.

En sortie du convertisseur WDM-OTDM, une interface de connexion 36 fournit un 25 signal optique de type OTDM à la fréquence temporelle multiple souhaitée et à la longueur d'onde  $\lambda_s$ .

Un autre mode de réalisation de ce convertisseur WDM-OTDM est représenté sur la figure 4.

Sur cette figure, on a disposé en parallèle autant de dispositifs 16<sub>1</sub>, 16<sub>2</sub>, 16<sub>3</sub> et 16<sub>4</sub> 30 de conversion de longueur d'onde que de moyens 30<sub>1</sub>, 30<sub>2</sub>, 30<sub>3</sub>, et 30<sub>4</sub> de fourniture des signaux optiques multiplexés en longueur d'ondes.

Dans cette configuration, les retardateurs 32<sub>1</sub>, 32<sub>2</sub>, 32<sub>3</sub> et 32<sub>4</sub> peuvent être disposés en sortie de chacun des dispositifs de conversion de longueur d'onde, avant que les 35 signaux de sortie ne soient combinés entre eux pour fournir le signal de type OTDM souhaité.

-8-

Il apparaît clairement que les dispositifs décrits précédemment permettent de réaliser des sous-échantillonnages temporels, des conversions WDM-OTDM et des conversions OTDM-WDM de façon simple et en utilisant des dispositifs tout optique. L'association d'un amplificateur optique linéaire avec un interféromètre de Mach-Zehnder différentiel retardé permet en outre de traiter des signaux à fréquences très élevées, par exemple des fréquences supérieures à 160 GHz pour le signal optique de type OTDM.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de sous-échantillonnage temporel d'un signal optique de type OTDM à une fréquence de sous-échantillonnage prédéterminée, comportant d'une part un générateur (10) d'impulsions d'horloge émises à la fréquence de sous-échantillonnage prédéterminée et à une longueur d'onde de conversion ( $\lambda_H$ ), et d'autre part un dispositif (16) de conversion de longueur d'onde recevant en entrée le signal optique de type OTDM et les impulsions d'horloge, pour fournir en sortie un signal sous-échantilloné du signal optique à la longueur d'onde de conversion, **caractérisé en ce que** le dispositif de conversion comporte un amplificateur optique linéaire (18) disposé de manière à recevoir le signal optique de type OTDM et les impulsions d'horloge en sens inverse de propagation, la puissance linéaire maximale de l'amplificateur étant réglée de manière à pouvoir être inférieure à la puissance de crête du signal optique de type OTDM, et un convertisseur (20) de modulation de phase en modulation d'amplitude.
- 15 2. Dispositif de sous-échantillonnage temporel selon la revendication 1, dans lequel le convertisseur (20) de modulation de phase en modulation d'amplitude comporte un interféromètre de Mach-Zehnder différentiel retardé.
- 20 3. Dispositif de sous-échantillonnage temporel selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comporte un circulateur (22) disposé entre l'amplificateur (18) et le convertisseur de modulation (20), de telle sorte qu'il dirige le signal optique OTDM vers l'amplificateur et le signal sortant de l'amplificateur vers le convertisseur de modulation.
- 25 4. Convertisseur d'un signal optique de type OTDM en un signal optique de type WDM, **caractérisé en ce qu'il comporte** une pluralité de dispositifs de sous-échantillonnage temporel selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 montés en parallèle, chaque dispositif de sous-échantillonnage temporel comportant un générateur (10<sub>1</sub>, 10<sub>2</sub>, 10<sub>3</sub>, 10<sub>4</sub>) d'impulsions d'horloge émises à une fréquence de sous-échantillonnage prédéterminée et à une longueur d'onde de conversion propre au dispositif de sous-échantillonnage, et un dispositif (16<sub>1</sub>, 16<sub>2</sub>, 16<sub>3</sub>, 16<sub>4</sub>) de conversion de longueur d'onde recevant en entrée le signal optique de type OTDM et les impulsions d'horloge à la longueur d'onde de conversion propre au dispositif de sous-échantillonnage.
- 30 5. Convertisseur d'un signal optique de type WDM en un signal optique de type OTDM, le signal optique de type WDM étant constitué de plusieurs signaux optiques multiplexés, chacun étant transmis à une longueur d'onde qui lui est propre, le convertisseur comportant un générateur (34) de signal continu émis à une longueur d'onde de conversion prédéterminée et au moins un dispositif (16<sub>1</sub>, 16<sub>2</sub>, 16<sub>3</sub>, 16<sub>4</sub>) de

-10-

conversion de longueur d'onde recevant en entrée le signal continu et les signaux optiques multiplexés en longueur d'onde, pour fournir en sortie un signal optique de type OTDM émis à une fréquence temporelle multiple de la fréquence commune des signaux optiques multiplexés en longueur d'onde, **caractérisé en ce que** le dispositif de  
5 conversion comporte d'une part un amplificateur optique linéaire (18 ; 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>) disposé de manière à recevoir le signal optique continu et les signaux optiques multiplexés en longueur d'onde en sens inverse de propagation, la puissance linéaire maximale de l'amplificateur étant réglée de manière à pouvoir être inférieure à la puissance de crête des signaux optiques multiplexés en longueur d'onde, et d'autre part  
10 un convertisseur de modulation de phase en modulation d'amplitude (20 ; 20<sub>1</sub>, 20<sub>2</sub>, 20<sub>3</sub>, 20<sub>4</sub>).

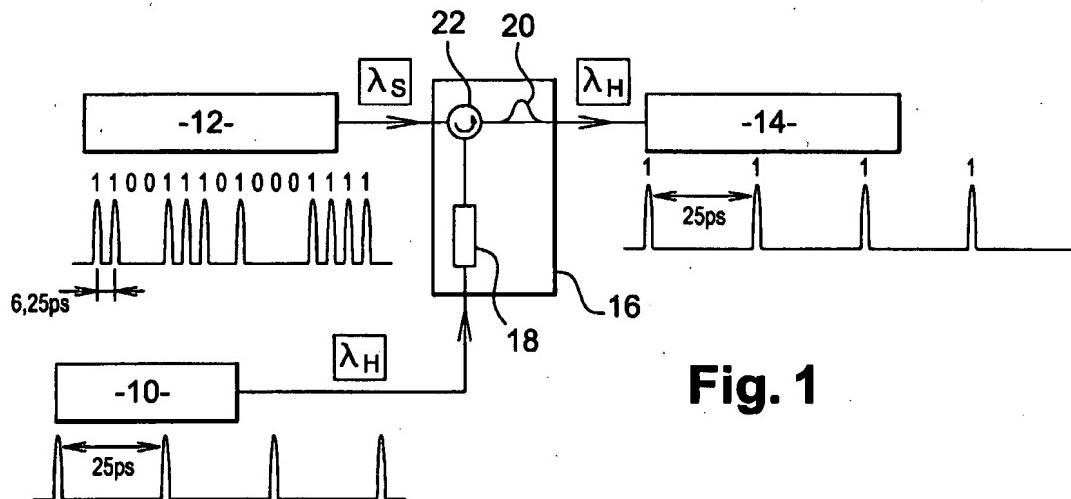
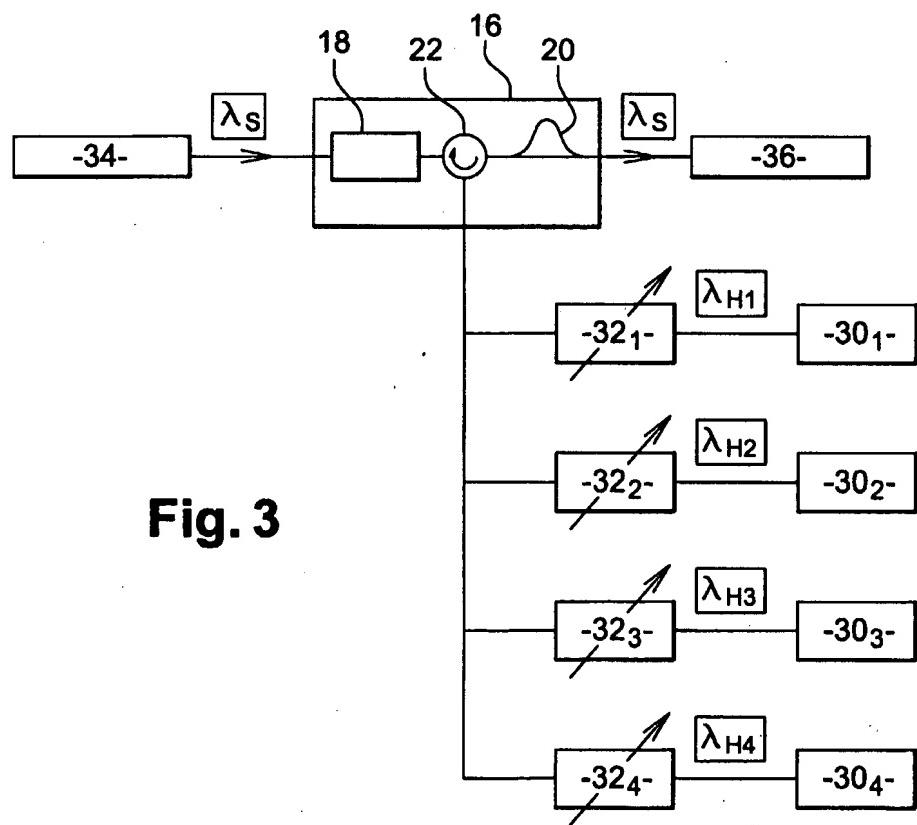
6. Convertisseur d'un signal optique de type WDM en un signal optique de type OTDM selon la revendication 5, comportant des moyens (32<sub>1</sub>, 32<sub>2</sub>, 32<sub>3</sub>, 32<sub>4</sub>) de décalage temporel des signaux optiques multiplexés en longueur d'onde les uns par rapport aux  
15 autres, et un unique dispositif (16) de conversion recevant en entrée les signaux optiques multiplexés en longueur d'onde décalés temporellement.

7. Convertisseur d'un signal optique de type WDM en un signal optique de type OTDM selon la revendication 5, comportant plusieurs dispositifs (16<sub>1</sub>, 16<sub>2</sub>, 16<sub>3</sub>, 16<sub>4</sub>) de conversion disposés en parallèle, chaque dispositif de conversion recevant en entrée l'un  
20 des signaux optiques multiplexés en longueur d'onde et étant associé à un dispositif de décalage temporel spécifique (32<sub>1</sub>, 32<sub>2</sub>, 32<sub>3</sub>, 32<sub>4</sub>).

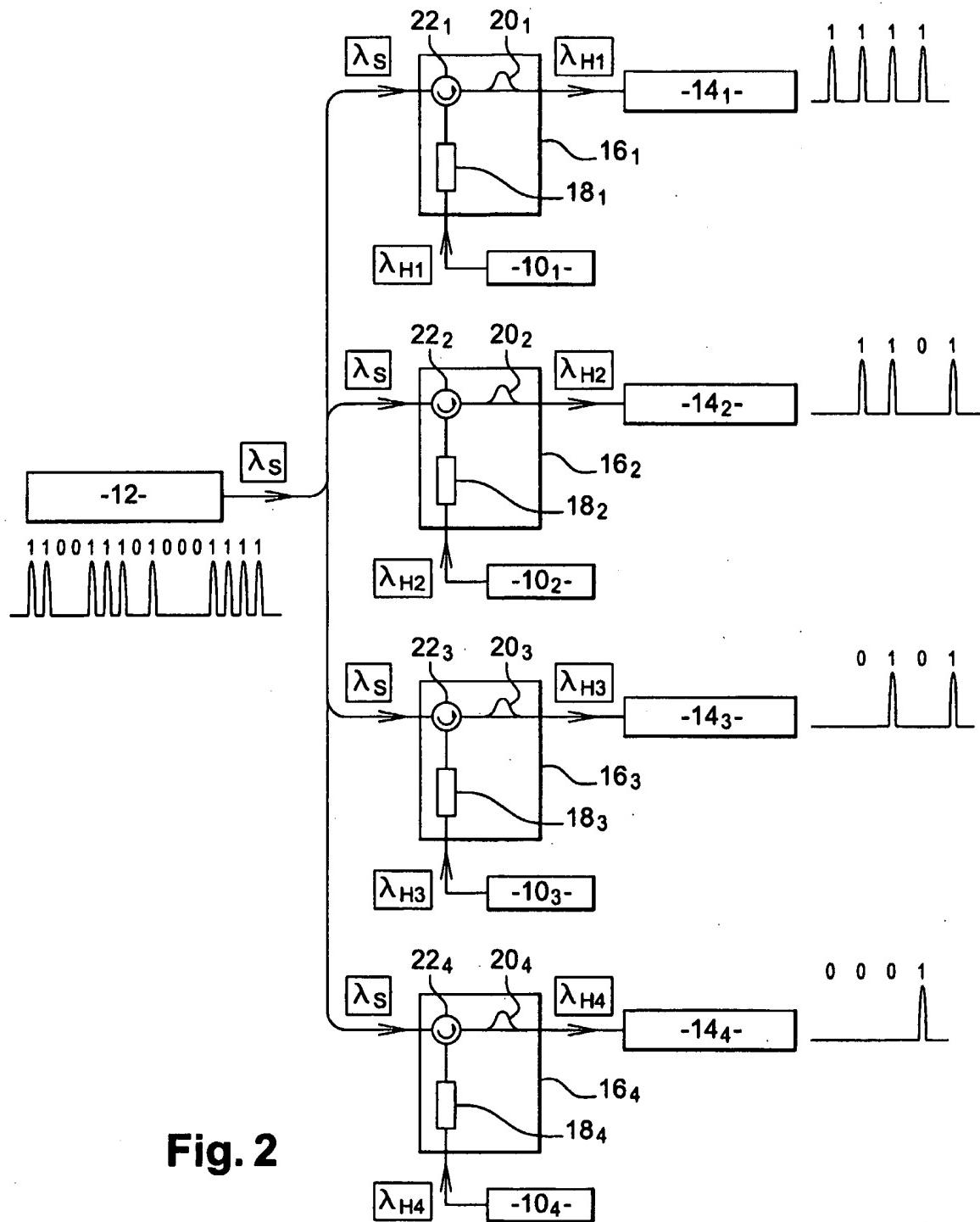
8. Convertisseur d'un signal optique de type WDM en un signal optique de type OTDM selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, dans lequel le convertisseur (20) de modulation de phase en modulation d'amplitude comporte un interféromètre de Mach-Zehnder différentiel retardé.  
25

9. Convertisseur d'un signal optique de type WDM en un signal optique de type OTDM selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, comportant au moins un circulateur (22 ; 22<sub>1</sub>, 22<sub>2</sub>, 22<sub>3</sub>, 22<sub>4</sub>) disposé entre chaque amplificateur et chaque convertisseur de modulation, de telle sorte qu'il dirige les signaux optiques multiplexés en  
30 longueur d'onde vers l'amplificateur et le signal sortant de l'amplificateur vers le convertisseur de signal modulé.

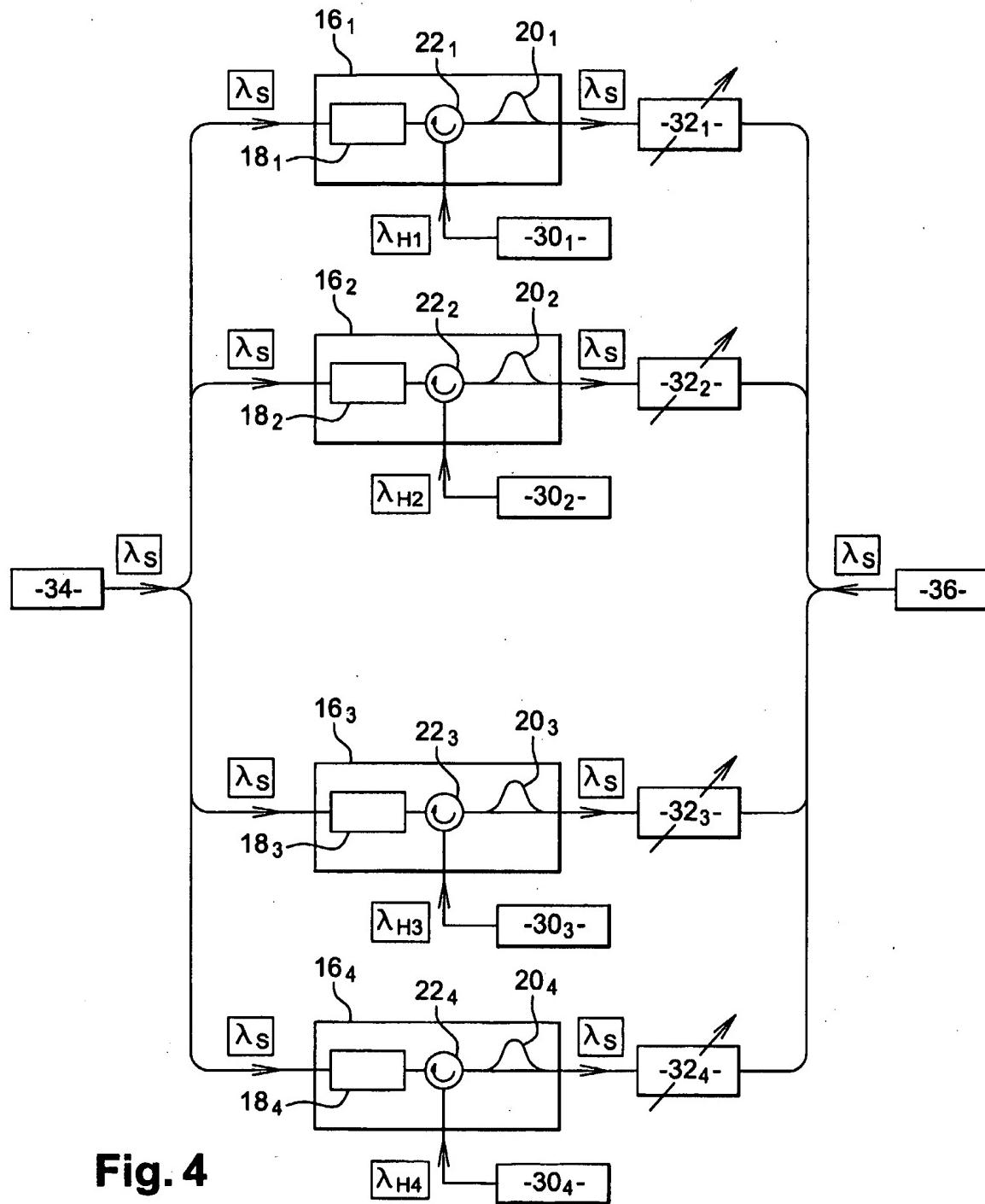
1/3

**Fig. 1****Fig. 3**

2/3

**Fig. 2**

3 / 3

**Fig. 4**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR2004/000009

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H04J14/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H04J G02F H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	LEUTHOLD J ET AL OPTICAL SOCIETY OF AMERICA / INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS: "Linear all-optical wavelength conversion based an linear optical amplifier" OPTICAL FIBER COMMUNICATION CONFERENCE AND EXHIBIT. (OFC). TECHNICAL DIGEST. POSTCONFERENCE DIGEST. ANAHEIM, CA, MARCH 17 - 22, 2002, TRENDS IN OPTICS AND PHOTONICS SERIES. (TOPS), WASHINGTON, DC : OSA, US, vol. TOPS. VOL. 70, 17 March 2002 (2002-03-17), pages 597-598, XP010618003 ISBN: 1-55752-701-6 page 597, middle column, paragraph 1 - page 598, left-hand column, paragraph 1; figure 1	1-3
Y	----- -----	5,6,8,9
		-/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search	Date of mailing of the International search report
6 September 2004	16/09/2004
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Roldán Andrade, J

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2004/000009

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>WO 03/007068 A (DANMARKS TEKNISKE UNI ; BISCHOFF SVEND (DK); MOERK JESPER (DK)) 23 January 2003 (2003-01-23)</p> <p>page 1, line 4 - line 10 page 1, line 30 - line 33 page 8, line 18 - line 24 page 10, line 14 - page 11, line 4 page 16, line 7 - line 8; figure 1a page 16, line 24 - line 25; figure 1b page 19, line 24 - page 20, line 23; figures 4-6 page 25, line 16. - line 30</p> <p>-----</p>	1-3
Y	<p>EP 1 137 213 A (DDI CORP ; KDD SUBMARINE CABLE SYSTEMS IN (JP)) 26 September 2001 (2001-09-26)</p> <p>column 1, paragraph 2 column 2, paragraph 8 column 3, paragraph 15 column 4, paragraph 24 column 6, paragraph 30 - column 7, paragraph 34; figure 1 column 7, paragraph 37 - column 12, paragraph 52; figure 4</p> <p>-----</p>	5,6,8,9
A	<p>RAU L ET AL: "SIMULTANEOUS ALL-OPTICAL DEMULTIPLEXING OF A 40-GB/S SIGNAL TO 4 X 10 GB/S WDM CHANNELS USING AN ULTRAFAST FIBER WAVELENGTH CONVERTER" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 14, no. 12, December 2002 (2002-12), pages 1725-1727, XP001174690 ISSN: 1041-1135 cited in the application page 1725, left-hand column, paragraph 1 - page 1726, left-hand column, paragraph 1; figures 1a,1b</p> <p>-----</p>	1-9

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

CT/FR2004/000009

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
WO 03007068	A	23-01-2003	WO	03007068 A1		23-01-2003
EP 1137213	A	26-09-2001	JP	2001274772 A		05-10-2001
			EP	1137213 A2		26-09-2001
			US	2002126346 A1		12-09-2002

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

FR2004/000009

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 H04J14/02

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H04J G02F H04L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	LEUTHOLD J ET AL OPTICAL SOCIETY OF AMERICA / INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS: "Linear all-optical wavelength conversion based an linear optical amplifier" OPTICAL FIBER COMMUNICATION CONFERENCE AND EXHIBIT. (OFC). TECHNICAL DIGEST. POSTCONFERENCE DIGEST. ANAHEIM, CA, MARCH 17 - 22, 2002, TRENDS IN OPTICS AND PHOTONICS SERIES. (TOPS), WASHINGTON, DC : OSA, US, vol. TOPS. VOL. 70, 17 mars 2002 (2002-03-17), pages 597-598, XP010618003 ISBN: 1-55752-701-6 page 597, colonne du milieu, alinéa 1 - page 598, colonne de gauche, alinéa 1; figure 1	1-3
Y	----- -----	5,6,8,9
		-/-

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

6 septembre 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

16/09/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Roldán Andrade, J

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

FR/FR2004/000009

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	<p>WO 03/007068 A (DANMARKS TEKNISKE UNI ; BISCHOFF SVEND (DK); MOERK JESPER (DK)) 23 janvier 2003 (2003-01-23)</p> <p>page 1, ligne 4 – ligne 10 page 1, ligne 30 – ligne 33 page 8, ligne 18 – ligne 24 page 10, ligne 14 – page 11, ligne 4 page 16, ligne 7 – ligne 8; figure 1a page 16, ligne 24 – ligne 25; figure 1b page 19, ligne 24 – page 20, ligne 23; figures 4-6 page 25, ligne 16 – ligne 30</p> <p>-----</p>	1-3
Y	<p>EP 1 137 213 A (DDI CORP ; KDD SUBMARINE CABLE SYSTEMS IN (JP)) 26 septembre 2001 (2001-09-26)</p> <p>colonne 1, alinéa 2 colonne 2, alinéa 8 colonne 3, alinéa 15 colonne 4, alinéa 24 colonne 6, alinéa 30 – colonne 7, alinéa 34; figure 1 colonne 7, alinéa 37 – colonne 12, alinéa 52; figure 4</p> <p>-----</p>	5,6,8,9
A	<p>RAU L ET AL: "SIMULTANEOUS ALL-OPTICAL DEMULTIPLEXING OF A 40-GB/S SIGNAL TO 4 X 10 GB/S WDM CHANNELS USING AN ULTRAFAST FIBER WAVELENGTH CONVERTER" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 14, no. 12, décembre 2002 (2002-12), pages 1725-1727, XP001174690 ISSN: 1041-1135 cité dans la demande page 1725, colonne de gauche, alinéa 1 – page 1726, colonne de gauche, alinéa 1; figures 1a,1b</p> <p>-----</p>	1-9

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR2004/000009

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 03007068	A 23-01-2003	WO 03007068 A1	23-01-2003
EP 1137213	A 26-09-2001	JP 2001274772 A EP 1137213 A2 US 2002126346 A1	05-10-2001 26-09-2001 12-09-2002